

SIFAT KEKERASAN PADUAN Al-Cu DARI HASIL PROSES PERLAKUAN PANAS PENUAAN (AGING)

Mardjuki*

Abstraksi

Perkembangan teknologi yang semakin pesat ditandai semakin banyaknya jenis bahan logam sebagai bahan industri baik dalam lingkup kecil maupun dalam lingkup besar yang berfungsi untuk mempermudah segala kebutuhan hidup manusia, salah satu hasil penemuan manusia adalah aluminium. Penggunaan paduan aluminium sebagai bahan industri sangat banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan piston, peralatan rumah tangga, konstruksi rumah pompa (*casing*) dan tangki penyimpanan bahan kimia, hal ini didasarkan atas adanya pertimbangan sifat-sifat yang khas yang terdapat pada aluminium.

Pada paduan Al-Cu dengan menggunakan proses penuaan (*aging*) dimana temperatur yang dipakai adalah sama, dengan waktu yang bervariasi dan media pendinginan yang berbeda. Masalah yang timbul pada proses *aging* pada paduan Al-Cu adalah apakah dengan proses *aging* dan media pendingin yang bervariasi ini berpengaruh terhadap kekerasan.

Untuk membatasi masalah tersebut penulis mengambil hal-hal sebagai berikut: bahan yang digunakan adalah paduan Al-Cu, jenis proses yang digunakan adalah proses penuaan. Pengujian yang digunakan adalah uji kekerasan dengan menggunakan pengujian Rockwell. Pengujian kekerasan Rockwell merupakan pengujian standar secara industri, karena pengujian kekerasan Rockwell cocok untuk semua material yang keras dan lunak. Dari hasil pengujian maka proses penuaan (*aging*) dengan waktu 1 jam dengan temperatur 500⁰C media pendingin air memiliki angka kekerasan 80,6 HR_e. Pada pengujian selanjutnya dengan proses penuaan (*aging*) dengan waktu 2 jam dengan temperatur 500⁰C pendinginan dalam tungku memiliki angka kekerasan 39,2 HR_e. Dari proses ini kiranya dapat memberikan informasi tentang proses *aging*, sehingga dapat menjadi acuan untuk menghasilkan suatu produk yang berkualitas dan bersaing dipasaran.

Kata Kunci : Paduan Al-Cu, Perlakuan Panas Penuaan (*Aging*), Kekerasan

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang teknologi bahan sekarang ini semakin maju. Hal ini ditandai semakin banyaknya jenis bahan logam sebagai bahan industri baik dalam lingkup kecil maupun dalam lingkup yang besar yang berfungsi untuk mempermudah segala kegiatan hidup manusia salah satu hasil penemuan manusia adalah aluminium. Secara umum bahan aluminium dalam industri logam lebih banyak menggunakan paduan aluminium, bukan aluminium murni walaupun dalam kondisi tertentu masih dapat digunakan, karena sifat aluminium murni memiliki sifat mekanik kurang baik. Untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik

aluminium memerlukan beberapa unsur antara lain : Cu, Mg, Si, Mn, dan Zn akan dapat memperbaiki sifat mekanik dari aluminium. Dari penambahan unsur tersebut dapat ditentukan karakteristik dari aluminium tersebut.

Penelitian ini menggunakan paduan aluminium dan tembaga (Al-Cu), karena paduan yang mengandung tembaga memiliki sifat-sifat mekanik dan mampu mesin yang baik, tetapi mampu cor yang jelek. Oleh karena itu untuk memperbaiki sifat mekaniknya paduan ini dapat dikeraskan dengan perlakuan panas (*heat treatment*), dimana persamaanya terjadi dengan berjalannya waktu yang disebut pengerasan penuaan (*age hardening*). Pengerasan terjadi

* Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

karena timbulnya endapan (*presipitat*), dimana presipitat ini terjadi setelah paduan didinginkan cepat. Karena waktu berperan penting dalam proses pengerasan maka, dalam penelitian ini akan dilihat pengaruh pencelupan cepat (*aging*) terhadap sifat mekanik yaitu sifat kekerasannya dari paduan Al-Cu.

Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan informasi pada pengusaha pengecoran baik ditingkat *home industry* maupun industri manufaktur, khususnya di bidang pengecoran Aluminium dan Tembaga dan proses pencelupannya, sehingga dapat mengetahui dan mampu mengatasi permasalahan sebelum bahan diproduksi secara massal.

KAJIAN PUSTAKA

Alumunium dan paduan termasuk logam ringan yang tahan terhadap korosi dan merupakan konduktor listrik yang cukup baik. Logam ini dipakai secara luas dalam bidang: listrik, mesin, bangunan, transportasi dan lain-lain.

Alumunium didapat dengan cara *pyrometallurgy* dan *hydrometallurgy*, umumnya mencapai kemurnian 99 %. Paduan alumunium dapat diklasifikasikan dalam tiga cara yaitu berdasarkan pembuatan, dengan klasifikasi paduan cor dan paduan tempa, berdasarkan perlakuan panas, dapat diproses dengan perlakuan panas dan cara ketiga yang berdasarkan unsur-unsur paduan. Berdasarkan ketiga klasifikasi ini alumunium dibagi dalam tujuh jenis Al murni, yaitu :

Al-Cu, Al-Mn, Al-Si, Al-Mg, Al-Mg-Si dan Al-Zn.

Juga paduan alumunium diklasifikasikan dengan beberapa standar oleh berbagai negara di dunia. Saat ini diklasifikasi yang terkenal dan sempurna adalah *Alumunium Association* di Amerika (AA) yang didasarkan atas standar terdahulu dari ALOCOA (*Alumunium Company of America*). Paduan tempaan dinyatakan dengan satu atau dua angka "S", sedangkan paduan coran dinyatakan dengan tiga angka. Standar AA menggunakan penandaan dengan empat angka sebagai berikut : angka pertama menyatakan paduan dengan unsure-unsur yang ditambahkan, yaitu : (1) Al murni, (2) Al-Cu, (3) Al-Mn, (4) Al-Si, (5) Al-Mg, (6) Al-Mg-Si dan (7) Al-Zn.

Sebagai contoh, paduan Al-Cu dinyatakan dengan angka 2000. Angka pada kedua menyatakan kemurnian dalam paduan yang dimodifikasi dengan alumunium murni sedangkan angka ketiga dan keempat dimaksud untuk tanda ALOCOA terdahulu kecuali S, sebagai contoh : 3 S sebagai 303 dan 63 S sebagai 6063. Alumunium dengan kemurnian 99,0% atau di atasnya dengan ketidakmurnian terbatas (2S) dinyatakan sebagai 1100.

Tabel 1. Klasifikasi Paduan Alumunium Tempaan

Standar AA	Standar Alcoa	Keterangan
1001	1S	Al murni 99,5% atau di atasnya
1100	2S	Al murni 99,0% atau di atasnya
2010-2029	10S-29S	Cu merupakan unsur paduan utamanya
3003-3009	3S-9S	Mn merupakan unsur paduan utamanya
4030-4039	30S-39S	Si merupakan unsur paduan utamanya
5050-5086	30	Mg merupakan unsur paduan utamanya
6061-6069	50S-69S	Mg-Si merupakan unsur paduan utamanya
7070-7079	70S-79S	Zn merupakan unsur paduan utamanya

Tabel 2. Sifat-sifat Fisik Alumunium

Sifat-sifat	Kemurnian Al (%)	
	99,996	> 99,0
Masa Jenis	2,6989	2,71
Titik Cair	660,2	653-657
Panas Jenis	0,2226	0,2297
Hantaran Listrik	64,94	59 dianil
Tahanan Listrik Koefisien Temperatur	0,00429	0,115

Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan yang diberikan kepada suatu material unuk mengubah sifat fisik dan mekanik dari material tersebut. Pemanasan yang diberikan kepada suatu material tidak boleh melebihi fasa cair dari material tersebut, karena akan membentuk suatu material baru. Pemanasan diberikan pada suhu tertentu kemudian pada suhu tertentu didinginkan. Adapun proses perlakuan dipengaruhi oleh beberapa faktor yang menentukan tercapai atau tidaknya hasil yang diinginkan antara lain: temperatur pemanasan, kecepatan pendinginan, media pendinginan yang digunakan. Pengaturan dari setiap atau sebagian dari faktor – faktor diatas disesuaikan dengan jenis bahan dan proses yang telah dialami atau dilakukan terhadap produk tersebut sebelum dilakukan perlakuan panas.

Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat terlebih dahulu harus diketahui susunan kimia dari material tersebut, karena dalam proses perlakuan panas akan terjadi perubahan komposisi kimia, misalnya susunan karbon yang menyebabkan perubahan fisik dari bahan tersebut kecepatan pendinginan merupakan faktor pengendali karena proses pendinginan cepat maka akan dihasilkan sifat keras. Demikian juga proses pendinginan dilakukan secara perlahan–lahan maka akan dihasilkan sifat yang lunak.

Paduan yang Dapat dan Tidak dapat Diperlaku-Panaskan

Paduan yang dapat diperlakukan-panas adalah paduan dimana kekuatannya dapat diperbaiki dengan pengerasan dan penemperan, sedangkan paduan yang tidak dapat diperlaku-panaskan kekuatannya hanya dapat diperbaiki dengan pengerjaan dingin.

Pengerasan pada paduan aluminium yang dapat diperlakukan-panaskan atau tidak dikarenakan adanya transformasi martensit seperti dalam baja karbon. karena proses ini maka pengerasan pada aluminium disebut pengerasan endapan atau pengerasan presipitasi. Sifat-sifat pengerasan presipitasi dari paduan aluminium tergantung pada unsur-unsur paduannya.

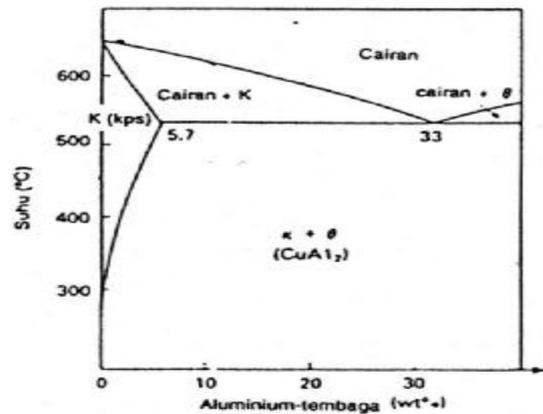
Paduan aluminium yang termasuk dalam kelompok yang sudah diproses perlakuan panas yaitu anil-temper (O-temper), pengerasan regangan (H-temper), pengerasan alamiah dan pengerasan buatan. Paduan aluminium yang dapat dikeraskan secara alamiah adalah Al-Cu dimana cara pengerasannya adalah karena terjadinya pengendapan pada suhu kamar. Sedangkan yang termasuk dalam kelompok pengerasan buatan adalah jenis Al-Cu-Mg dan Al-Zn-Mg. Dalam proses pengerasan pengendapan ini, pengendapan terjadi pada suhu kamar.

Pengerasan Endapan

Pengerasan endapan dapat diterapkan pada berbagai sistem paduan, tetapi paling sering dijumpai pada paduan aluminium dan tembaga. Untuk itu perlu kita lihat diagram fasa pada gambar 1.

Atom tembaga larut dalam kisi kristal aluminium, dan daya kelarutan bergantung pada temperatur. Pada suhu sekitar 500°C, kira-kira 5% tembaga larut dalam Kristal kps (K) sebagai larutan padat, sedangkan di bawah suhu 300°C jumlah yang larut kurang dari 0,1%. Bila batas kelarutan tembaga dalam aluminium terlampaui, tembaga yang

tersisa (kelebihan tembaga) membentuk ikatan dengan aluminium yang disebut θ atau CuAl_2 yang kisi ruangnya berbeda sekali.



Gambar 1. Diagram fasa Al-Cu

Jadi paduan yang mengandung tembaga sebanyak 4% bila dipanaskan cukup lama pada suhu 500°C untuk melarutkan semua tembaga, kemudian didinginkan dengan cepat dengan mencelupkannya kedalam air, tidak akan mengalami pengaturan kembali atom tembaga. Tembaga yang ada dalam aluminium membentuk larutan padat. Kondisi ini tidak akan berubah dalam waktu singkat pada suhu ruang meskipun kondisi struktur tidak stabil. Keadaan seperti ini tidak disebut larutan padat lewat jenuh. Logam yang dicelup dalam kondisi *metastabil*, dengan struktur larutan yang stabil pada suhu yang lebih tinggi. Bila temperatur dinaikkan sedikit saja hingga level dimana tembaga larut kembali, didaerah sekitar 175°C kelebihan atom tembaga akan berdifusi dan mengelompok.

Kelompok atom tembaga tersebut mengakibatkan timbulnya daerah dengan regangan besar dalam kisi kristal K larutan

aluminium–tembaga dan menghalangi pergerakan dislokasi dengan demikian, terjadilah peningkatan kekerasan dan kekuatan.

Bila difusi berlangsung terus akan terbentuk partikel senyawa CuAl_2 , sehingga regangan kisi akan berkurang, kekerasan dan kekuatan akan turun lagi. Pengerasan endapan dilaksanakan dalam dua tahap:

- (1) Perlakuan panas pelarutan, yaitu bahan dipanaskan untuk membentuk larutan pada homogen, yang tetap memiliki komposisinya setelah pencelupan. Bila pencelupan kurang cepat sehingga timbul nukleasi, atau bila pelarutan selama pemanasan awal tak sempurna, pengerasan presipitasi kurang baik.
- (2) Larutan *metastabil* kemudian dicelup cepat atau di–*age* pada suhu yang cukup tinggi untuk waktu tertentu, sehingga terjadi difusi antara atom dengan cepat, kemudian mungkin terjadi pengelompokan atom larut dalam kisi kristal pelarut. Ukuran kritis dan dispersi kelompok untuk menghasilkan tingkat pengerasan presipitasi yang diinginkan bergantung pada jenis paduan.

Endapan *koheren* menghasilkan medan regangan yang meningkat dalam matrik dan peningkatan selanjutnya dalam kekerasan.

Dengan penuaan lebih lanjut fasa seimbang CuAl_2 atau θ dibentuk dari kisi transisi θ . Partikel ini tidak lagi *koheren* dengan matriknya oleh karena itu kekerasannya lebih rendah dibandingkan

sewaktu masih ada θ yang *koheren*. Sebagian besar paduan pengerasan endapan, partikel akan tampak dengan mikroskop logam setelah tidak *koheren* lagi dengan matriknya. Perlakuan panas pencelupan cepat dapat menghasilkan pertumbuhan partikel dan berkurangnya kekerasan.

Tembaga

Tembaga mempunyai warna coklat keabu-abuan dan mempunyai struktur kristal *FCC*. Tembaga mempunyai sifat yang baik sebagai penghantar panas dan listrik, mampu tempa dan mudah dibentuk menjadi plat-plat atau kawat, tembaga juga mempunyai rapat massa relatif $8,9 \text{ gr/cm}^3$, titik lebur $1070^0 - 1093^0 \text{ C}$ (tergantung kadar kemurniannya) dan kekuatan tarik $200 - 300 \text{ N/mm}^2$. Tembaga banyak digunakan untuk konduktor listrik, alat solder, pipa spiral, kerajinan tangan, sebagai bahan dasar pembuatan kuningan dan lain-lain.

Tabel 3. Pengujian Kekerasan Tanpa Perlakuan *Aging* (Penuaan)

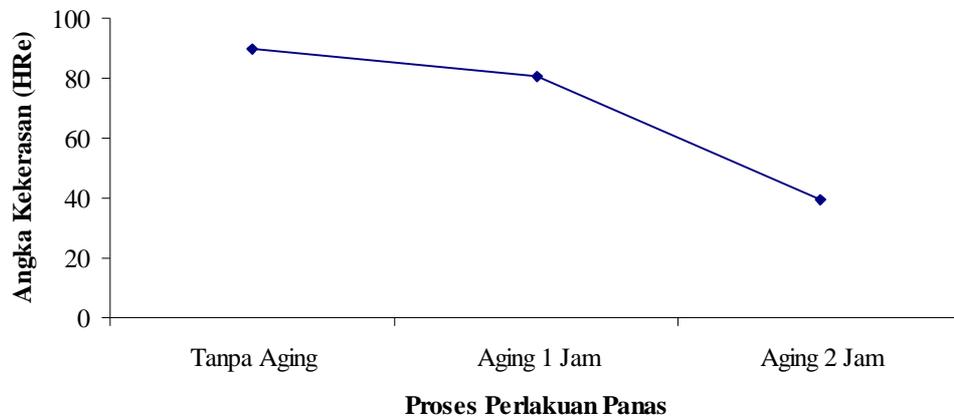
No	Angka kekerasan	Beban Mayor	Kekerasan Rata-rata HR _e
1	83	100	90
2	84	100	
3	86	100	
4	97	100	
5	95	100	
6	95	100	

Tabel 4. Hasil Pengujian Data Kekerasan Dengan Proses *Aging* 1 Jam Dengan Temperatur 500⁰ C dan Media Pendingin Air

No	Angka kekerasan	Beban Mayor	Kekerasan Rata-rata HR _e
1	82	100	80,6
2	74	100	
3	85	100	
4	84	100	
5	77	100	
6	82	100	

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Kekerasan Dengan Proses *Aging* Dengan T 500⁰C Media Pendingin Dalam Tungku

No	Angka kekerasan	Beban Mayor	Kekerasan Rata-rata HR _e
1	31	100	39,2
2	31	100	
3	48	100	
4	31	100	
5	41	100	
6	53	100	



Grafik 1. Grafik Kekerasan Paduan Yang Mengalami Proses *Aging* Dengan Yang Tanpa Mengalami Proses *Aging*

SIMPULAN

Setelah melakukan pengujian dan menganalisa data maka dapat disimpulkan bahwa:

- Hasil dari proses pengecoran alumunium dan tembaga didapat nilai kekerasan awal sekitar 90 HR_e.
- Hasil dari proses *aging* (penuaan) 1 jam dengan temperatur 500⁰C, media pendingin air memiliki angka kekerasan 80,6 HR_e.
- Hasil dari proses *aging* 2 jam dengan temperatur 500⁰C pendingin dalam tungku memiliki angka kekerasan 39,2 HR_e.
- Proses penuaan ini adalah penuaan alamiah (*natural aging*) dimana prosesnya berjalan sesuai dengan temperatur kamar .

DAFTAR PUSTAKA

- Buemer, BJM, 1985, **Ilmu Bahan Logam**, Batara Karya, Jakarta
- Dafri Sriati, 1983, **Ilmu dan Teknologi Bahan**, Erlangga, Jakarta
- Tata Surdia, Saito, 1992, **Pengetahuan Bahan Teknik**, Pradnya Paramita, Jakarta
- Tata Surdia, Kenjehijiwa, 1996, **Teknik Pengecoran Logam**, Pradnya Paramita, Jakarta
- Timoshengko, Gere, 1987, **Mekanika Bahan**, Erlangga, Jakarta

